

О.Л.КУСТОВСЬКИЙ, аспірант, НУУ «КП»;
В.Ф.ПЕТРИК, канд.техн.наук, доц., НУУ «КП», Київ;
К.М.СЕРИЙ, канд.техн.наук, доц., НУУ «КП», Київ;
Д.О.МЕЛЬНИК, студент, НУУ «КП», Київ

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ У НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

Розглянуто новий напрямок у використанні бездротових засобів передачі даних для технічної діагностики з відомими способами неруйнівного контролю. Виконано огляд можливостей застосування різних бездротових засобів передачі даних та обґрунтування використання існуючих стандартів для певних задач і умов неруйнівного контролю. Наведено узагальнену функціональну схему системи (приладу) з використанням безпроводного каналу передачі даних.

Рассмотрено новое направление в использовании беспроводных средств передачи данных для технической диагностики с известными способами неразрушающего контроля. Выполнен обзор возможностей применения различных беспроводных средств передачи данных и обоснование использования существующих стандартов для определенных задач и условий неразрушающего контроля. Приведена обобщенная функциональная схема системы (прибора) с использованием беспроводного канала передачи данных.

Considered a new trend in the use of wireless data transmission for technical diagnostics of the known methods of nondestructive testing. The review features the use of various wireless data and justification of the use of existing standards for particular tasks and conditions of nondestructive testing. Generalized functional scheme of the system (device) using a wireless data link.

Виявлення технічного стану великих та важкодоступних конструкцій є актуальною задачею, вирішенням якої займаються у всьому світі. Крім великих розмірів зазначенні конструкції можуть мати значну протяжність. До такого типу конструкцій відносять нафто- і газопроводи, тепло- і водомагістралі, цистерни, канати вантових мостів, тощо. Важливим аспектом неруйнівного контролю (НК) є гарантування безпеки у міжконтрольний період через моніторинг технічного стану об'єктів. Для цього потрібно обов'язково виявляти дефекти і за шкалою їхньої критичності проводити відповідні заходи для їхнього усунення або усунення їхнього можливого впливу. З досвіду проведення контролю, для пошуку дефектів трубопроводів, а також інших габаритних чи великих за своєю протяжністю об'єктів, варто зазначити необхідність досить великого об'єму допоміжних робіт. Такі допоміжні роботи можуть значно впливати на вартість проведення НК. Часто труби знаходяться під землею, під залізничними та іншими переходами, деякі ділянки можуть занурюватися у воду. Усі названі фактори значно ускладнюють інженерну задачу забезпечення та проведення НК. Одним з актуальних питань є організація

каналу передачі даних від об'єкту контролю (ОК) до блоку обробки даних. Цьому присвячена дана стаття.

Темп життя і роботи людей в останнє сторіччя неймовірно прискорився. Зайвим буде знову відзначати важливість та велику кількість відкриттів у всіх сферах життя в останні декілька десятиріч. Інформація, як ніколи, охопила кожну людину нашого суспільства та не дає жодних шансів в успіху тим хто ігнорує її нові хвилі. Організація, зручність, швидкість та надійність обміну інформації між такими пристроями, як Laptop, PDA, мобільні телефони, планшетні персональні комп'ютери (ПК), посідає значуще місце в сьогоднішніх розробках інженерів.

Організація каналів передачі інформації у НК, як вже зазначалося, має високу актуальність, зокрема при створенні автоматизованих систем збору та передачі даних. Бездротова передача даних (БПД), як один з нових способів, дозволяє скоротити витрати часу на здійснення контролю об'єкту, зменшити кількість обслуговуючого персоналу за значно віддаленими об'єктами, які можуть мати як велику протяжність у випадку трубопроводів, так і просто віддаленими від оператора контролю. Останні досягнення в мініатюризації електронних пристроїв й інтеграції датчиків дають можливість одержати чутливі елементи, оснащені бездротовими засобами зв'язку й пам'яттю для зберігання і обробки даних. На базі таких елементів може бути створене «інтелектуальне» устаткування, у якому робота розрізнених датчиків може координуватися для створення мережі передачі даних.

Після розробки і відлагодження дротових систем передачі даних, чимало інженерів зайнялись питанням впровадження аналогічної системи у радіо ефірі. Всі ці намагання привели до створення персональних мереж бездротового зв'язку на нижньому рівні мережної ієрархії пристроїв. Винахід отримав ім'я WPAN (Wireless Personal Area Networks) і сьогодні є одним із стандартів для організації безпроводних мереж передачі даних. Мережа типу WPAN представляє собою систему обміну даними з обмеженим радіусом дії для порівняно невеликих відстаней (3–60 м), регламентується стандартом [IEEE 802.15.4](#). Вона використовується, як для об'єднання окремих пристроїв між собою, так і для їхнього зв'язку з мережами більш високого рівня, в тому числі з глобальною мережею Інтернет. Ці пристрої створюють канали передачі даних і діапазоні частот від 400 МГц до 2,4 ГГц.

Завдяки відсутності вимоги ліцензування широкої розповсюдженості набула частота 2,4 ГГц. Канали передачі даних на базовій частоті 2,4 ГГц стали популярними для промислової, наукової, медичної апаратури, а також для економічних бездротових рішень мереж WPAN. Згадані канали не потребують оплати за використання радіо ефіру і сертифіковані в якості локальних комунікацій. Варто відзначити підвищену зацікавленість у додатках, що використовують багатонаправлену передачу даних. Бездротові

системи позбавлені багатьох незручностей, притаманних дротовим комунікаціям.

Системи БПД для організації передачі даних на великих відстанях представлені у вигляді пристроїв, які використовують GSM/GPRS(EDGE), UMTS(3G, 4G) канали. Цінова привабливість на ці технології робить можливим їхнє активне використання для галузі віддаленого промислового моніторингу, для систем отримання інформації та керування процесами.

Переваги та недоліки безпроводної передачі даних для вирішення задач НК. Суттєвим недоліком відомих сьогодні способів є необхідність організації інформаційного каналу між перетворювачем і блоком обробки інформації за допомогою кабелю. Це створює чималу складність отримання і обробки інформації у місцях з обмеженим доступом, а також складність автоматизованого зберігання даних вимірювань. Використання БПД дозволяє зменшити витрати на доставку обладнання до об'єкту контролю та скоротити експлуатаційні затрати.

Метою впровадження безпроводних технологій являється спрощення процесу отримання та передачі даних в системах неруйнівного контролю, висока вірогідність передачі даних, за рахунок використання цифрової обробки і передачі безпосередньо цифрової інформації від первинного перетворювача до блоку обробки даних (персональний комп'ютер на якому буде здійснюватися запис, аналіз отримуваних даних та керування процесом діагностики).

Такий спосіб може бути реалізовано за допомогою пристрою до складу якого входять: первинний перетворювач, аналоговий блок, блок аналогово-цифрового перетворення, блок керування, блок бездротової передачі даних і джерело живлення.

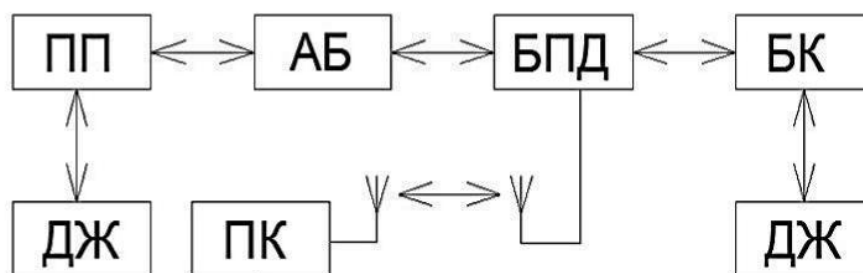


Рис. Схема функціональна узагальнена

ПП – первинний перетворювач; АБ – аналоговий блок; БПД – блок безпроводної передачі даних; БК – блок керування; ДЖ – джерело живлення; ПК — персональний комп'ютер.

Подача заданого сигналу на ОК та реєстрація сигналу відповіді здійснюється за допомогою первинного перетворювача, аналоговий сигнал з якого перетворюється в цифровий і за допомогою блоку безпроводної передачі даних передається на ПК або інший пристрій керування, обробки та систематизації даних, які здійснюють керування приладом і несуть технічну інформацію про стан об'єкту контролю в ході його сканування.

До недоліків БПД відносять наступні:

- Несумісність обладнання (часткова або повна) між різними типами або поколіннями БПД;
- Додаткове споживання енергії;
- Безпека. Потрібно використовувати шифрування і ключі для конфіденційності БПД. Всі стандарти БПД мають все необхідне для легкого і швидкого вирішення цього питання.
- Низька швидкість передачі даних. Сьогодні БПД поступається у цьому показнику дротовим комунікаціям.

При правильному підході до поставленої задачі у НК вплив всіх названих недоліків можна оптимізувати або звести до мінімального. Деякі з них абсолютно не впливають на процес проведення НК.

Серед переваг варто відмітити мобільність та легкість створення і реструктуризації.

Огляд технологій БПД. У найбільш розповсюджені діапазоні 2,4 ГГц широкого поширення здобули технології WiFi, Bluetooth і ZigBee. Кожна з цих технологій має власні унікальні характеристики, які і обумовлюють їх певні області використання, а також практично знищують фактор конкуренції між ними.

Пропонуємо розглянути таблицю основних характеристик технологій БПД.

Таблиця

Порівняння стандартів сімейства 802.15 й 802.11b/g/n

Технологія Стандарт	ZigBee 802.15.4			Bluetooth 802.15.1	WiFi		
					802.11b	802.11g	802.11n
Частота, ГГц	0.868	0.915	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4 (5)
Швидкість	20 кб/с	40 кб/с	250 кб/с	1 Мб/с	11 Мб/с	54 Мб/с	600 (300) Мб/с
Вихідна потужність	0 дБм			0–20дБм	20дБм	20дБм	20дБм
Радіус дії, м	10–100			10–100	100	100	150–300
Розмір стека кбайт	4–32			>250	>1000	>1000	>1000
Розмір мережі	216, 264			7+1	64	64	64

Технологія бездротової передачі даних WiFi заснована на стандарті IEEE 802.11. Стандарт IEEE 802.11 визначає протоколи, необхідні для організації локальних бездротових мереж (WLAN). Основні з них - протокол керування доступом до середовища MAC (Medium Access Control) і протокол передачі сигналів у фізичному середовищі PHY.

Як основний метод доступу до середовища, стандартом 802.11 визначений механізм CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) – багатостанційний доступ з контролем несучої і запобіганням конфліктів. В основу стандарту 802.11 покладена стільникова архітектура, причому мережа може складатися як з однієї, так і декількох точок. Кожен стільник управляється базовою станцією, що разом з робочими станціями, які перебувають у межах радіуса його дії і робочими станціями користувачів утворює базову зону обслуговування. Точки доступу багатостільникової мережі взаємодіють між собою через розподільну систему, яка являє собою еквівалент магістрального сегмента кабельних ЛВС. Оскільки устаткування, що працює на максимальній швидкості має менший радіус дії, чим на більше низьких швидкостях, то стандартом 802.11b/g/n передбачене автоматичне зниження швидкості при погіршенні якості сигналу. WiFi орієнтований на передачу великих обсягів інформації. Це може бути потокове відео, HiFi аудіо, голос, ЛВС.

Бездротова технологія Bluetooth заснована на стандарті IEEE 802.15.1 та є стандартом, що визначає функціонування компактних систем зв'язку на невеликих відстанях між мобільними персональними комп'ютерами, мобільними телефонами й іншими портативними пристроями.

Bluetooth являє собою недорогий радіо інтерфейс із низьким енергоспоживанням (потужність передавача в межах 1 мВт) для організації персональних мереж, що забезпечує передачу в режимі реального часу як цифрових даних, так і звукових сигналів. Дальність дії радіо інтерфейсу зоставався рівним 10 метрам, однак зараз специфікаціями Bluetooth вже визначена й друга зона близько 100 м. Для роботи радіо інтерфейсу Bluetooth використовується так званий нижній (2,45 ГГц) діапазон ISM (industrial, scientific, medical), призначений для роботи промислових, наукових і медичних приладів. Радіоканал має повну пропускну здатність в 1 Мб/с, що забезпечує створення асиметричного каналу передачі даних на швидкостях 723,3/57,6 Кб/с або повного дуплексного каналу на швидкості 433,9 Кб/с. Через Bluetooth-з'єднання можна передавати до 3-х дуплексних аудіоканалів по 64 Кб/с у кожному напрямку. Можлива також і комбінована передача даних і звуку. У частині організації обміну даними Bluetooth відповідає специфікації стандарту локальних мереж IEEE 802 і використовує сигнали з розширенням спектра шляхом ступінчатої перебудови частоти (FHSS) за псевдовипадковим законом зі швидкістю 1600 перемикань на секунду в смузї 2400-2483,5 МГц. Bluetooth працює як багато-точковий радіоканал,

керований аналогічно стільниковому зв'язку GSM багаторівневим протоколом.

Бездротова технологія ZigBee (IEEE 802.15.4) – це стандарт для низько швидкісних персональних мереж бездротового зв'язку – Low Rate Wireless Personal Area Network (LR-WPAN). Усього за ним закріплено 27 каналів у трьох ефірних діапазонах. Швидкість передачі даних між пристроями залежить від числа зайнятих каналів і коливається від 256 кб/с, до 20.

Як у випадку із WiFi у ZigBee використовується CSMA-CA для суттєвого зниження кількості випадків зіткнень, викликаних передачею даних декількома пристроями водночас.

Стандарт ZigBee визначає три типи пристроїв: координатори ZigBee, маршрутизатори ZigBee і кінцеві пристрої ZigBee. Кожна мережа повинна містити тільки один координатор ZigBee. Основне завдання координатора полягає в тому, щоб установити параметри для створення мережі й запустити процес налаштування, що припускає вибір радіочастотного каналу, унікального мережного ідентифікатора й набору операційних параметрів.

Маршрутизатори ZigBee можуть використовуватися для розширення радіуса дії мережі, оскільки вони здатні виконувати функції й ретрансляторів між пристроями, розташованими занадто далеко один від одного, щоб взаємодіяти напрямку. Кінцеві пристрої ZigBee не беруть участь у маршрутизації.

Безліч ZigBee-пристроїв здатні працювати спільно у загальній радіомережі як у стандартній ієрархії типу «зірка», коли один маршрутизатор управляє всіма потоками даних, так й у змішаній топології без єдиного координатора.

Мережі ZigBee прості в установці, оскільки вони формуються автономно. Більше того, сполучення маршрутизації по дереву й маршрутизації на основі таблиці забезпечує гнучкість роботи й дозволяє запропонувати розробникам широкий спектр співвідношень ціна/продуктивність, тим самим сприяючи формуванню недорогої масштабованої мережної інфраструктури.

Стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee) орієнтований головним чином на використання як засіб зв'язку між автономними приладами й устаткуванням. У корпоративному секторі це можуть бути, наприклад, складські системи, системи автоматизації виробництва, різні датчики, сенсори, сервоприводи, електронні мітки, системи безпеки, освітлення, кондиціонування, пульти дистанційного керування.

Технологія GSM (від назви групи Groupe Special Mobile, пізніше перейменований в Global System for Mobile Communications) - глобальний цифровий стандарт для мобільного стільникового зв'язку, з поділом каналу за принципом TDMA і високим ступенем безпеки завдяки шифруванню з

відкритим ключем. Розроблений під егідою Європейського інституту стандартизації електрозв'язку (ETSI) наприкінці 80-х років.

Зв'язок реалізується на двох основних частотах 900 и 1800 МГц. Максимальна випромінювана потужність мобільних телефонів стандарту GSM-1800 – 1Вт, для порівняння в GSM-900 - 2Вт.

Для передачі даних існують технології CSD (Circuit Switched Data), GPRS (General Packet Radio Service) та EDGE GPRS.

З їхньою допомогою можна досягти таких швидкостей у передачі даних: CSD – 9,6 кбіт/с; GPRS – 53.6 кбіт/с; EDGE – до 384 кбіт/с.

Більш сучасною у порівнянні з GSM є **технологія UMTS (3G, 4G)**. Використовуючи розробки W-CDMA, **UMTS** дозволяє підтримувати швидкість передачі даних на теоретичному рівні до 21 Мб/с (**HSPA+**). В наш час високими швидкостями вважаються 384 кбіт/с для мобільних станцій R99 та 7,2 Мб/с для станцій HSDPA в режимі передачі даних від базової станції до мобільного терміналу. Сьогодні покриття UMTS значно поступається GSM, тому має меншу розповсюдженість.

Висновок. Застосування БПД для проведення НК в наш час безумовно дозволяє досягти кращого ефекту і економічної привабливості. Зручність, надійність та легкість у створенні приладів та систем для НК з БПД відкриває новий напрямок в дефектоскопії. Через відсутність з'єднувальних кабелів при передачі даних НК від і до об'єктів дає змогу проводити контроль в будь-якому просторовому положенні та в місцях з обмеженим доступом. Це також забезпечує відсутність перешкод і зменшує спотворення даних, які виникають при проходженні електричного сигналу кабелем, оскільки при використанні БПД передається лише цифрова інформація. Мобільність і легкість організації віддаленого доступу до об'єкту контролю, а також дистанційна обробка даних операторним центром контролю. Підключення і застосування ПК в системі НК дозволяє використовувати різноманітні методи обробки даних та здійснювати автоматичну реєстрацію та зберігання результатів діагностики.

Список літератури:

1. Кустовський О.Л. Бездротовий акустичний дефектоскоп / О.Л.Кустовський, В.Ф. Петрик, С.М.Лігоміна // Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики: материалы шестнадцатой ежегодной конференции и выставки, Ялта-Киев, 5–9 октября 2009 г. - Ялта-Киев: УИЦ “Наука. Техника. Технология”, 2009.
2. Кустовський О.Л. Бездротовий акустичний дефектоскоп / О.Л.Кустовський, В.Ф. Петрик, Р.С.Савченко // Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: матеріали II науково-практичної конференції, м.Івано-Франківськ, 25 – 26 листопада 2009 р. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009.
3. Кустовський О.Л. Бездротова передача даних у неруйнівному контролі / О.Л.Кустовський, В.Ф. Петрик // Сучасні прилади, матеріали і технології: матеріали 5 МНТК, м.Івано-Франківськ, 2-5 грудня 2008р. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2008.
4. Пат. 50968 У Україна, МПК G01N 29/24 (2009). Спосіб неруйнівного контролю об'єктів та речовин / О. Л. Кустовський, В. Ф. Петрик. – № u201000374 ; заявл. 15.01.2010; опубл. 25.06.2010, бюл. № 12, 2010 р.
5. Пат. 50632 У Україна, МПК G01N 29/00 (2010). Ультразвуковий безпроводний дефектоскоп / О. Л. Кустовський, В. Ф. Петрик. – № u201005265 ; заявл. 29.04.2010; опубл. 10.06.2010, бюл. № 11, 2010 р.

Надійшла до редакції 15.04.12